پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۳۹۷، صفحۀ ۶۵-۵۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 55-65
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.51814

بررسی اثرات باکتری‌های ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli) بر عملکرد لوبیاچیتی تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه و مزرعه

اکبر همتی[1*]، محمد فیضیان[2]، هادی اسدی رحمانی[3] و خسرو عزیزی[4]

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۳- دانشیارموسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶

چکیده

جهت بررسی اثرات سویه‌های باکتری ریزوبیوم در عملکرد لوبیاچیتی در شرایط تنش خشکی، اقدام به اجرای آزمایش کرت‌های خُردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ به صورت گلدانی و در سال ۱۳۹۴ به صورت مزرعه‌ای گردید. در سطوح اصلی این آزمایش تیمارهای تنش خشکی شامل آبیاری بر اساس ۳۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده خاک و در سطوح فرعی تیمارهای باکتری ریزوبیوم لگومینوزارم بیوار فازئولی شامل سویه‌های، ۵۴، ۵۸، ۱۶۰ و ۱۷۷ (جمع‌آوری‌شده از مزارع استان‌های زنجان و خراسان) قرار داشت. حجم آب مصرفی، کارآیی مصرف آب آبیاری، نیتروژن اندام هوایی، تعداد و وزن گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه گیاه، وزن خشک و تر بوته، عملکرد زیستی و عملکرد تولید دانه از جمله صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش بودند. نتایج نشان داد که اثرات تنش خشکی و باکتری ریزوبیوم در عملکرد تولید دانه و کارآیی مصرف آب در سطح ۵درصد معنی‌دار بودند. بیشترین مقدار عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب به ترتیب به میزان ۳۰۶۶کیلوگرم در هکتار و ۸۱۰گرم در مترمکعب آب با تلقیح بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزارم بیوار فازئولی سویۀ ۱۶۰ و آبیاری بر مبنای ۶۰درصد آب قابل استفاده به‌دست آمد. مصرف آب در این تیمار برابر ۳۷۹۸مترمکعب در طی فصل رشد بود که ۱۹درصد کمتر از تیمار شاهد (۸۰درصد آب قابل استفاده) بود. نتایج این آزمایش نشان داد در شرایط تنش خشکی، در صورت استفاده از باکتری ریزوبیوم، گیاه لوبیا قادر به تحمل تنش خشکی و حصول حداکثر عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ریزوبیوم، عملکرد، لوبیا

مقدمه

با توجه به حساسیت گیاه لوبیا به تنش خشکی، عملکرد و تثبیت نیتروژن در این گیاه در شرایط کمبود آب شدیداً تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در راستای کشاورزی پایدار، یکی از راهکارهای افزایش عملکرد در گیاهان بهره‌گیری از توان ریزموجودات زنده مانند باکتری‌های ریزوبیوم در شرایط کمبود آب است. در شرایط مناسب، مانند وجود سویه کارآمد باکتری ریزوبیوم و شرایط محیطی مطلوب، گیاه لوبیا توانایی تأمین ۷۰تا ۸۰ درصد نیاز نیتروژنی خود را دارد (Zahran, 1991). در یک آزمایش مشاهده شد در صورت تلقیح بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم و مصرف ۵۰کیلوگرم کود اوره در هکتار حداکثر عملکرد در لوبیا به دست آمد (Hemmati & Asadi Rahmani, 2005). در یک آزمایش دیگر با تلقیح بذر لوبیا با یک کیلوگرم مایه تلقیح ریزوبیوم بدون استفاده از کود نیتروژن ۳۹۹۰کیلوگرم دانه در هکتار بر داشت شد، درحالی‌که در تیمار شاهد (عدم تلقیح) با مصرف ۶۰۰کیلوگرم کود اوره، عملکرد کمتر از این مقدار بود (Hemmati, 2010). گزارش شده است که در صورت تلقیح بذر با باکتری مناسب و فعال، علاوه برافزایش عملکرد، بیش از ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار تثبیت می‌گردد (Pirvali, 2007). باکتری همزیست ریزوبیوم علاوه برتثبیت نیتروژن، چون در فیزیولوژی و

*نویسنده مسئول: فارس، اقلید، ایستگاه تحقیقات کشاورزی
a.hemati@areeo.ac.ir

مورفولوژی ریشه گیاه تأثیرگذار است، موجب رشد و افزایش جذب عناصر غذایی می شود. اثرات تحریک‌کنندگی رشد باکتری‌ها، به دلیل تولید فیتوهورمون، محدودشدن رشد قارچ های پاتوژن، تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، سیدروفورها و یونوفورها می باشد (Kishor, 1991). به نظر می رسد این باکتری‌ها قادرند حتی در شرایط تنش خشکی نسبت به جذب عناصر غذایی اقدام نمایند. متقابلاً عناصر غذایی نیز در تثبیت نیتروژن و کارآیی باکتری مؤثرند(Sahrawat & Rao, 1988). علاوه بر عناصر غذایی، تنش آبی در تثبیت نیتروژن مؤثر می‌باشد. چگونگی این تأثیر متفاوت است. گزارش شده است که میزان نیتروژن اندازه‌گیری‌شده به روش احیای استیلن، در تثبیت نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی خاک ۲۶درصد کاهش یافته است. گرچه میزان این تأثیر به مرحله رشد گیاه بستگی دارد، ولی درهرحال، کمبود رطوبت خاک در تشکیل، رشد و فعالیت گره تأثیر انکارناپذیری دارد (Zahran, 1991). محققان در یک آزمایش ملاحظه نمودند که با کاهش آب خاک، از تعداد و وزن گره‌ها کاسته می‌شود، درحالی‌که وزن خشک گیاه تغییری نمی‌کند. همچنین آنها مشاهده نمودند با کاهش آب خاک، فعالیت آنزیم نیتروژناز، پتانسیل آب برگ، مقدارپروتئین و نشاسته و مقدار لگ‌هموگلوبین و فعالیت سایر آنزیم‌های مهم در ساخت کربن در گیاه کاهش می‌یابد (Ramos *et al*., 1999). همچنین گزارش شده است که تغییرات ژنتیکی و فیزیولوژیکی ایجادشده در گره ناشی از تنش خشکی عامل کاهش تثبیت نیتروژن و عملکرد است، لذا باید در روش‌های به‌نژادی و انتخاب، با بهره‌گیری از این تغییرات نسبت به معرفی سویه‌های مقاوم به خشکی اقدام نمود (Seraj *et al*., 1999). در یک آزمایش، ۷۲۰۰گره تثبیت‌کننده نیتروژن در لوبیا مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که ژن*TPS* نسبت به ژن‌های وحشی موجود درگره‌ها باعث افزایش بیشتر مقاومت به تنش خشکی می‌شود. در همین آزمایش ملاحظه شد که لوبیای تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم گونه لگومینوزاروم فازئولی، افزایش ۵۰درصدی عملکرد در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد داشته است (Suarez *et al*., 2008).

در یک آزمایش دیگر مشاهده شد از ۱۰سویه ریزوبیوم که تحت تنش‌های خشکی ۰/۰۳-، ۱- و ۱/۵- میلی‌پاسکال آب قابل‌استفاده قرار گرفته‌اند، پنج سویه باکتری ۳۵روز تنش را تحمل نموده و دو سویه دارای جمعیتی به مقدار ۱۰۷ریزوبیوم در هر گرم خاک بودند که توصیه شد از آن‌ها برای تلقیح عدس در مناطق خشک استفاده شود (Athar, 2002).

به منظور تعیین اثرات باکتری‌های ریزوبیوم در عملکرد لوبیا در شرایط متفاوت تنش خشکی، در این آزمایش اثرات چهار سویه باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم فازئولی در عملکرد و کارآیی نسبی مصرف آب در گیاه لوبیا در سال اول در گلخانه و در سال دوم در مزرعه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه و انتخاب سویه برتر باکتری ریزوبیوم از نظر مقاومت به خشکی و بررسی عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در گیاه لوبیا، آزمایشی به صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. این آزمایش در سال اول در گلخانه و در سال دوم در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس اجرا شد. در کرت‌های اصلی رژیم‌های رطوبتی خاک شامل ۳۰، ۶۰ و ۸۰درصد آب قابل‌استفاده خاک (AW) قرار داشت و در کرت های فرعی تیمارهای کود زیستی شامل R-160، R-58، R-54 و R-177 بود. این سویه‌های باکتری که همگی از گونه لگومینوزاروم بیوار فازئولی می‌باشند، از مزارع استان‌های زنجان و خراسان جداسازی و شناسایی شدند که در آزمایش های تعیین کارآیی همزیستی و سازگاری توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب به عنوان سویه‌های برتر در لوبیا شناخته شده‌اند.

طرح آماری در هر دو آزمایش گلخانه و مزرعه یکی بود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از قبیل بافت، رطوبت در نقطه پژمردگی (PWP) و ظرفیت زراعی (FC)، اسیدیته، شوری، آهک و عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و بور) قبل از کشت اندازه‌گیری گردید. لذا کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب در هر تیمار مصرف شد. سپس در هر گلدان پنج عدد بذر لوبیاچیتی تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم قرار داده شد.

به منظور تلقیح بذر با باکتری‌ها، ابتدا بذور جهت ضدعفونی به مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلراید سدیم ۲درصد قرار داده شدند و سپس پنج مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. به منظور چسبندگی بیشتر، قبل از تلقیح، بذور با محلول آب و شکر آغشته شده و آن‌گاه بذور هر تیمار با مایه تلقیح باکتری مربوطه به میزان دوکیلوگرم مایه تلقیح به ازای ۲۰۰کیلوگرم بذر در هکتار پوشانده شد. سپس به مدت دو ساعت در سایه نگهداری و بلافاصله اقدام به کشت در گلدان گردید. هر تیمار شامل دو گلدان ۸کیلوگرمی با سه تکرار بود.

به منظور استقرار گیاه، آبیاری تا حد ظرفیت زراعی طی دو مرحله بدون اعمال تیمارهای تنش خشکی انجام شد. البته حجم آب مصرفی در هر تیمار اندازه‌گیری گردید. آبیاری سوم به بعد، با توزین روزانه وزن هر گلدان انجام شد. جهت محاسبه حجم آب هر تیمار ابتدا وزن گلدان در رطوبت مزرعه‌ای به روش گلدانی تعیین گردید. برای این منظور ابتدا یک گلدان اشباع شد و سپس با توزین هر دو ساعت یک بار وزن گلدان زمانی که شیب کاهش وزن ثابت گردید، وزن موردنظر به عنوان وزن گلدان در رطوبت ظرفیت زراعی ملاک محاسبه حجم آب آبیاری قرار گرفت. رطوبت در نقطه پژمردگی خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. با داشتن FC و PWP به ترتیب برابر ۲۸/۴ و ۱۸درصد، حجم آب قابل‌استفاده (AW) نیز مشخص گردید. وزن گلدان در تیمارهای تنش خشکی بر اساس دامنه‌های آب قابل‌استفاده تعیین شد. اکنون با توزین روزانه وزن هر گلدان به محض رسیدن وزن گلدان به دامنه موردنظر، تیمار تنش خشکی نسبت به آبیاری تا رسیدن به ظرفیت زراعی اقدام و حجم آب مصرفی یادداشت‌برداری گردید. بعد از استقراریافتن گیاه، تعداد دو بوته نگه داشته و مابقی حذف شدند. در مرحله ۵۰درصد گلدهی، با طوقه برنمودن گیاه، ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی و مقدار نیتروژن گیاه در گلدان اول اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت نیز در گلدان دوم، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، حجم آب مصرفی و درصد نیتروژن در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد.

در سال دوم با همان طرح آماری سال اول، آزمایش در مزرعه اجرا شد. لذا آزمایش دارای ۱۲تیمار و سه تکرار بود. طول هر کرت ۱۰متر و عرض آن با درنظرگرفتن چهار ردیف کشت و یک خط نکاشت، دو متر بود. قبل از اجرا، نمونه مرکب خاک تهیه و درآزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذکرشده در قسمت قبلی اندازه‌گیری شد. لذا کودهای مورد لزوم بر اساس آزمون خاک قبل از کشت مصرف گردید. بذر لوبیاچیتی رقم صدری با باکتری ریزوبیوم همانند روش گلخانه که شرح آن گذشت، تلقیح شد و در عمق ۵-۳ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. به منظور استقرار گیاه، آبیاری مزرعه تا حد ظرفیت زراعی طی دو مرتبه انجام شد. با نصب کنتور حجمی میزان آب مصرفی اندازه‌گیری گردید.

به منظور تعیین حجم آب مصرفی هر تیمار در مراحل بعدی، پس از استقراریافتن گیاه، با اندازه‌گیری FC به روش مزرعه‌ای برابر ۲۷/۵درصد و وزن مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۶گرم بر سانتی‌مترمکعب، با اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک و تبدیل آن به رطوبت حجمی، حجم آب مورد نیاز هر تیمار بر اساس رسانیدن عمق توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی به شرح زیر محاسبه و اعمال گردید:

رطوبت وزنی خاک-رطوبت خاک در ظرفیت زراعی= کمبود رطوبت خاک

= عمق خالص آبیاری(میلی‌متر)

۱۰۰۰×عمق ریشه(میلی‌متر)× وزن مخصوص ظاهری×کمبود رطوبت خاک

عرض کرت× عمق خالص آبیاری=عمق آب آبیاری(مترمربع/مترمکعب)

زمان آبیاری نیز با اندازه‌گیری روزانه رطوبت وزنی تیمارهای تنش خشکی و داشتن رطوبت نقطه پژمردگی برابر ۱۸درصد، مقدار آب قابل‌دسترس (AW) هر تیمار کنترل و به محض رسیدن رطوبت خاک به تیمارهای موردنظر (۳۰-۲۵، ۶۰-۵۵ و ۸۰-۷۵درصد آب قابل‌استفاده) مقدار آب آبیاری به شرح فوق محاسبه و اعمال گردید. در مرحله داشت، سایر عملیات زراعی از قبیل مبارزه با آفات و علف‌های‌هرز طبق عرف محل انجام شد. در زمان گلدهی از هر کرت یک بوته انتخاب و تعداد و وزن غده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه، وزن خشک و تر و مقدار نیتروژن در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت نیز عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن۱۰۰دانه اندازه‌گیری شد. از روی حجم آب مصرفی و عملکرد تولید دانه، کارآیی مصرف آب (WUE) تعیین گردید. داده‌های آزمایش در پایان هر سال بر اساس برنامه آماری Mstat-C تجزیه واریانس شد و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند. سرانجام در سال دوم صرفاً صفاتی که بر اساس آزمون فیشر(Ft) همگن بودند، تجزیه واریانس مرکب شد و نهایتاً تیمار برتر مشخص گردید.

نتایج و بحث

مشخصات خاک محل آزمایش (جدول ۱) نشان داد بافت خاک لوم و دارای آهک است. خاک غیرشور بوده و مواد آلی آن کمتر از یک درصد بود. از نظر اسیدیته در محدوده خنثی و کمی قلیایی قرار داشت. میزان فسفر آن کمتر از حد مطلوب و مقدار پتاسیم بیشتر از حد بحرانی برای گیاه لوبیا بود. حد بحرانی فسفر و پتاسیم برای گیاه لوبیا به ترتیب برابر ۱۵ و۱۵۰میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (Anderson, 1997; Ferenzen & Morgan, 1995). جهت تعیین حد بحرانی باید آزمون خاک در شرایط هر منطقه انجام شود تا بتوان آن را مبنای توصیه کودی قرار داد. گزارش شده است که با درنظرگرفتن حد بحرانی ۱۳میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر در خاک، بیش از۷۰درصد خاک‌های تحت‌کشت لوبیا در استان مرکزی با کمبود فسفر مواجه می‌باشند (Khodshenas & Dadivar, 2007). جمعیت باکتری ریزوبیوم همزیست لوبیا در نمونه خاک محل آزمایش به روش MPN plant infection test برابر ۷۴۰باکتری در یک گرم خاک بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک قبل از آزمایش
Table 1. Physical and chemical characteristics of soil before the experiment

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	اسیدیته گل اشباع PH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس‌برمتر) $EC(dSm^{-1})$	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V (%)	پتاسیم قابل‌جذب (واحد در میلیون) Potassium (PPM)	فسفر قابل‌جذب (واحد در میلیون) Phosphorus (PPM)	بافت خاک Soil texture
0-30	7.7	0.8	0.53	34	225	5	لوم Loam

عملکرد تولید دانه در آزمایش مزرعه‌ای

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات تیمارهای خشکی و باکتری‌های ریزوبیوم در عملکرد دانه در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. گرچه در بین تیمارهای ۶۰درصد و۸۰درصد آب قابل‌استفاده تفاوت معنی‌دار در عملکرد وجود نداشت، ولی مقایسه میانگین عملکردها نشان داد بیشترین مقدار عملکرد دانه به میزان ۳۰۶۶کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری۶۰درصد آب قابل‌استفاده و تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ به‌دست آمد (جدول۲).

از آنجا که بقولات در دامنه‌های وسیع رطوبتی خاک قادر به تثبیت نیتروژن می‌باشند، می‌توان سویه‌هایی با دامنه‌های حساسیت متنوع انتخاب و مصرف نمود. چراکه حساسیت به تنش رطوبتی از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است (Venkateswarlu *et al*., 1999). وجود توده‌های ریزوبیوم در خاک‌های صحرایی و تشکیل غده‌های مؤثر در این اراضی مبین توانایی کارکرد این باکتری‌ها در خاک‌های با رطوبت کم می‌باشد (Jenkins *et al*., 1999).

گزارش شده است که تلقیح لوبیا بانوعی باکتری ریزوبیوم باعث افزایش۵۰درصدی عملکرد در شرایط تنش آبی نسبت به شاهد شده است (Suarez *et al*., 2008). احتمالاً باکتری شرایط جذب بهتر عناصر غذایی را در ریزوسفر فراهم می نماید، لذا عملکرد گیاه کمتر تحت‌تأثیر تنش آبی قرار می گیرد. علاوه بر باکتری، گونه گیاه نیز در تحمل تنش آبی حائز اهمیت می‌باشد. اصولاً بقولاتی که به تنش آبی مقاومت زیادی دارند، در درون سلول‌های خود یک‌سری تنظیمات اسمزی ایجاد می‌نمایند. این تنظیمات در تغییر فشار سلولی و تجمع املاح فعال اسمزی در سلول خلاصه می‌شود. یکی از این املاح پرولین می‌باشد که در لوبیا مشاهده شده است که بین تجمع پرولین و مقاومت به تنش رطوبی ارتباط نزدیکی وجود دارد (Kapuya *et al*., 1985).

عملکرد زیستی در آزمایش مزرعه‌ای

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد تیمارهای آبیاری و باکتری و اثرات متقابل آن‌ها در سطح پنج‌درصد در عملکرد زیستی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد مصرف آب آبیاری در حد۶۰درصد آب قابل‌استفاده و سویه باکتری۱۶۰، منجر به حصول حداکثر عملکرد زیستی (۶۸۸۲کیلوگرم در هکتار) شده است (جدول۲). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، بیشترین عملکرد زیستی در تیمار تنش متوسط آبیاری (۶۰درصد آب قابل‌استفاده) به‌دست آمد، نه در تیمار آبیاری مطلوب (۸۰درصد آب قابل‌استفاده). گرچه آزمایشات نشان داده است که بیشترین مقدار عملکرد زیستی با آبیاری مطلوب حاصل می‌گردد (Amiri *et al*., 2015 & Ganjeali *et al*., 2011)، درعین‌حال باید به این نکته توجه نمود در شرایط غیرتنش خشکی با طولانی‌شدن دوره رشد، برگ‌های گیاه لوبیا خصوصاً برگ‌های پایینی به علت پیری، ریزش نموده و سبب کاهش وزن اندام هوایی گیاه و به تبع آن عملکرد زیستی می‌گردد. موضوع کاهش وزن خشک اندام هوایی به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها گزارش شده است (Bhatt & Srinivasa Rao, 2005). در صورت استفاده از باکتری‌های زیستی مانند ریزوبیوم در شرایط تنش خشکی، به واسطه جذب بیشتر آب و عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه، تا حدودی مانع کاهش شدید وزن اندام هوایی و عملکرد زیستی می‌شود.

حجم آب مصرفی و کارآیی مصرف آب آبیاری

نتایج نشان داد اثر آبیاری در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود، ولی اثر باکتری معنی‌دار نبود. اثر متقابل این دو تیمار نیز معنی‌دار نشد. بیشترین حجم آب آبیاری در طی فصل رشد برابر ۴۵۲۳مترمکعب در هکتاردر تیمار۸۰درصد آب قابل استفاده و کمترین حجم آب آبیاری به میزان ۳۲۸۸مترمکعب در هکتار در تیمار۳۰درصد آب قابل‌استفاده مصرف شد. متوسط مصرف آب در تیمار۶۰درصد آب قابل‌استفاده برابر ۳۷۹۸مترمکعب بود که ۱۹درصد کمتر از تیمار۸۰درصد آب قابل‌استفاده بود (جدول۲).

اثرات تیمارها در کارآیی مصرف آب در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. بیشترین کارآیی مصرف آب به میزان ۰/۸۱کیلوگرم در مترمکعب در تیمار آبیاری۶۰درصد آب قابل

استفاده و سویه باکتری ۱۶۰ به‌دست آمد (جدول۲). کارآیی مصرف آب در تیمارهای تنش خشکی برابر ۰/۶۴، ۰/۷۸ و ۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب آب آبیاری به‌ترتیب در تیمارهای ۳۰درصد، ۶۰درصد و ۸۰درصد آب قابل‌استفاده بود.

جدول۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده بر اساس آزمون دانکن درشرایط مزرعه‌ای

Table 2. Comparison of mean of measured qualities with Dancan test under field conditions

تیمار ها **Treatments**	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) **Seed yield** **(kg.ha^{-1})**	عملکرد زیستی (کیلوگرم درهکتار) **Biological yield** **(kg.ha^{-1})**	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) **Water irrigation** **(m3.ha^{-1})**	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب) **WUE** **(kg.m^{-3})**
باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium54**	1733 c	4495 c	3288 c	0.52 c
باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium160**	2177 bc	4991 c	3288 c	0.66 b
باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium177**	2551 ab	5890 b	3288 c	0.77 ab
باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium58**	1996 c	4961 c	3288 c	0.61 b
باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۶۰دصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium54**	2908 a	6603 ab	3794 b	0.77 ab
باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium160**	3066 a	6882 a	3794 b	0.81 a
باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium177**	2991 a	6594 ab	3794 b	0.79 ab
باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium 58**	2895 a	6728 ab	3794 b	0.76 ab
باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium177**	2743 a	5983 b	4523 a	0.61 b
باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium54**	2968 a	6495 ab	4523 a	0.65 b
باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium160**	2700 a	5921 b	4523 a	0.59 c
باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium58**	2759 a	6138 ab	4523 a	0.61 c

* اعدادی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح آماری درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The number with the same character are non significant at %5.

با توجه به نتایج عملکرد تولید دانه و کارآیی مصرف آب که در این آزمایش به‌دست آمد (جدول ۲) ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در تیمار تنش متوسط خشکی (۶۰درصدAW) حاصل شد که این موضوع کارآیی مفید باکتری‌های ریزوبیوم را در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در صورت استفاده از باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ یا سویه۱۶۰، گیاه لوبیا بدون افت عملکرد توانایی تحمل تنش خشکی تا ۶۰درصد آب قابل‌استفاده را دارد. بیشترین عملکرد دانه در این آزمایش به میزان ۳۰۶۶کیلوگرم در هکتار در تیمار تنش خشکی۴۰درصدی و سویه باکتری ۱۶۰ به‌دست آمد. این میزان عملکرد در تیماری به‌دست آمد که ۱۹درصد آب کمتری نسبت به تیمار عدم تنش (۸۰درصدAW) مصرف شد. این مقدار تنش تقریباً معادل دور آبیاری هفتگی در لوبیا است. در شرایط طبیعی دور آبیاری لوبیا در منطقه ۴ تا ۵روز می‌باشد. در همین راستا گزارش شده است که تلقیح ترکیبی از کودهای زیستی نسبت به عدم تلقیح آن‌ها منجر به افزایش عملکرد۵۰درصدی نخود در شرایط آبیاری و ۷۵درصدی در شرایط تنش خشکی شده است (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014). احتمالاً باکتری‌های ریزوبیومی با افزایش تثبیت زیستی نیتروژن موجب گسترش شبکه ریشه‌ای گیاه و به‌دنبال آن جذب بیشتر آب و عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی متوسط شده‌اند که این امر از افت عملکرد ناشی از تنش خشکی جلوگیری می‌نماید (Sabaghpour *et al*., 2006; Marcia *et al*., 2008). افزایش وزن۱۰۰دانه در تیمار تنش خشکی متوسط (۶۰درصدAW) عامل مهم دیگر افزایش

عملکرد دانه و به تبع آن افـزایش کـارآیی مصـرف آب در ایـن تیمار بود (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014).

وزن۱۰۰دانه

وزن۱۰۰دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد بوده و تـأثیر بـه سزایی در عملکرد دارد. بر اساس تجزیه واریـانس مرکـب داده های آزمایش مشاهده گردید که اثـرات اصـلی در سـطح یـک درصد و اثرات متقابـل و اثـر سـال در سـطح پـنج درصـد بـر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار بودند (جدول۳). در این آزمایش مشاهده شد باکتری و تنش خشکی بر روی وزن۱۰۰دانـه تـأثیر معنـی داری دارنـد، بـه‌طـوری‌کـه در دو سـال آزمـایش بیشـترین وزن۱۰۰دانه به میزان ۴۴گرم در تیمـار آبیـاری۶۰درصـد آب قابل‌استفاده و سـویه بـاکتری۱۶۰ بـه‌دسـت آمـد (جـدول۴). گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش وزن۱۰۰دانه لوبیا توسط بـاکتری ریزوبیـوم ارائـه شـده اسـت (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014; Hemmati, 2013; Taherkhani *et al.*, 2007; Dadivar *et al.*, 2007).

وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه

تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش (جـداول ۳ و ۴) نشان داد که اثر تیمار آبیاری در وزن خشک و تر گیاه در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود در حالی که اثر تیمـار بـاکتری در وزن خشک و تر معنی‌دار نبود. اثرات متقابل نیز فقط در وزن تر در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. اثر سال نیز در سطح یک‌درصـد معنی‌دار بود.

در وزن تر، گرچه از نظر آماری تفـاوت معنـی‌داری بـین تیمارها مشاهده نشد، ولی مقایسه میانگین ها در آزمون دانکن نشان داد همان تیمارهایی که بیشـترین وزن خشـک را ایجـاد نموده بودند، بیشترین وزن تـر را نیـز داشـتند، بـه‌طـوری‌کـه بیشترین وزن خشـک و تـر بوتـه بـه ترتیـب بـه میـزان ۱۴ و ۷۳گرم، در تیمار آبیاری۳۰درصد آب قابل‌اسـتفاده و ریزوبیـوم سویه۱۷۷ به‌دست آمد (جدول۴). بیشتربودن وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی ممکن است به رشد بیشتر ریشه ها مربوط باشد. توسعه بیشتر ریشه‌ها در شرایط تنش خشـکی به جذب بیشتر آب و مواد غـذایی و افـزایش رشـد در شـرایط تنش کمک مـی‌کنـد (Rahbarian *et al.*, 2011). عـلاوه بـر این، استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم در شرایط تـنش خشـکی با تثبیت نیتروژن و افزایش جذب مواد غـذایی ماننـد فسـفر و پتاسیم موجب رشد بیشتر گیاه شده و مانع کاهش شدید وزن خشک گیاه می‌شوند. گـزارش شـده اسـتفاده از بـاکتری‌هـای ریزوبیوم به صورت انفرادی یا ترکیبی در شرایط تنش خشـکی نسبت به تیمار شاهد وزن خشک بیشتری در لوبیا تولید کرده اند (Khaleghnezhad &Jabbari, 2014).

جدول۳- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری‌شده در آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

Table 3. Combined analysis of variance for measured characteristics in field and green house experiments

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		حجم آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) Water irrigation ($m^3.ha^{-1}$)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100Seed weight(g)	درصد نیتروژن Nitrogen (%)	وزن تر گیاه (گرم در بوته) Plant wet weight ($gplant^{-1}$)	وزن خشک گیاه (گرم در بوته) Plant dry weight ($gplant^{-1}$)	وزن گره درریشه (گرم در بوته) Nodule weight ($gplant^{-1}$)
تکرار Replication	2	15792ns	4.64ns	0.13ns	23.3ns	6.8ns	0.24*
آبیاری Irrigation	2	46195**	12.33ns	0.20ns	2.65*	26.72*	0.37*
خطا Error	4	13599	9.02	0.39	11.77	9.12	0.03
باکتری Bacteria	3	31584ns	2.76ns	0.20*	12.20ns	13.28ns	0.01ns
آبیاری×باکتری Irri.×Bac.	6	23914ns	0.96ns	0.12ns	2.37*	15.31*	0.02ns
خطا Error	18	25128	4.5	0.06	5.48	15.21	0.01
ضریب تغییرات C.V.%		7.5	5.0	9.8	24.4	28	26

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح آماری ۵درصد و ۱درصد

ns: Non- significant; * and**: significant at %5 and %1 respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده با آزمون دانکن
Table 5. Mean comparison of measured qualities with Dancan test

وزن خشک گیاه (گرم) **Plant dry weight(g)**	وزن تر گیاه (گرم) **Plant wet weight(g)**	نیتروژن (درصد) **Nitrogen (%)**	وزن صد دانه(گرم) **100-seed weight(g)**	تعداد غده در گیاه **Nodule no. per Plant**	وزن غده در گیاه (گرم) **Nodule weight(g)**	تیمارها **Treatments**
12ab	62a	3.15ab	40abcd	2ef	0.1223b	باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium54**
11b	63a	3.35ab	42abc	1ef	0.1000b	باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium160**
14a	73a	2.85b	37cde	9d	0.1693b	باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium177**
12ab	62a	2.85b	39bcd	3ef	0.1178b	باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium58**
9bc	49a	2.98b	35e	25bc	b 0.1777	باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۶۰دصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium54**
9bc	47a	3.69a	44a	35b	0.1893b	باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium160**
10b	51a	3.36ab	43ab	16cd	0.2397ab	باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium177**
13ab	72a	3.11ab	41abc	13cd	0.2083ab	باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium 58**
9bc	44a	3.25ab	39bcd	63a	0.4583a	باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium177**
9bc	50a	3.25ab	38dc	33b	0.3357ab	باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium54**
9bc	50a	3.45ab	43ab	19bcd	0.2090ab	باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium160**
12ab	66a	2.99b	39bvd	34b	0.2640ab	باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium58**

* اعدادی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح آماری ۵درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*The number with same character are non significant at %5.

نیتروژن گیاه

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش (جدول ۳) نشان داد اثر باکتری و اثر متقابل باکتری و تنش آبی در نیتروژن گیاه در سطح پنج‌درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود و اثر سال در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد. اثر سایر صفات نیز معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن با تلقیح باکتری سویه ۱۶۰ و مصرف آب در ۶۰درصد آب قابل‌استفاده خاک به میزان ۳/۶۹درصد به‌دست آمد (جدول۴). افزایش نیتروژن گیاه به واسطه افزایش تثبیت زیستی این عنصر توسط باکتری‌های ریزوبیوم می‌باشد.

وزن و تعداد گره در ریشه

تجزیه واریانس آزمایش (جدول۳) نشان داد که تیمار آبیاری در وزن گره در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، ولی در تعداد گره معنی‌دار نبود. در همین حال، تیمار باکتری در تعداد گره در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که در وزن گره معنی‌دار نبود. با افزایش آب مصرفی، تعداد و وزن گره‌ها افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد گره (۶۳ عدد) و وزن گره (۰/۴۵۸گرم) در بوته، در تیمار آبیاری ۸۰درصد آب قابل استفاده و سویه باکتری۱۷۷ به‌دست آمد (جدول۴). ازآنجاکه رطوبت کافی یکی از شرایط لازم برای تولید گره توسط باکتری های ریزوبیومی است، در این آزمایش مشاهده شد که با افزایش رطوبت خاک، وزن گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، بیشتر شد و در بین باکتری‌های ریزوبیوم، سویهR-177 بیشترین تعداد و وزن گره را در ریشه ایجاد نمود. این نتاج با برخی گزارش‌ها (Elsheik & Hadi, 1999; Stajkovic *et al*., 2011; Valverd *et al*., 2006) منطبق می‌باشد.

منابع

1. Amiri, S.R., Parsa, M., Banaeeyan Avval, M., Nasiri Mahalati, M., and Dihim Fard, R. 2015. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of cgickpea (*Cicer arietinum* L.) under Mashhad climatic condition. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 66-77. (In Persian with English Summary).
2. Anderson, F.N. 1997. Fertilizing Edible Dry Beans. Nebguide. G86-13. Agriculture University of Nebreska-Lincoln. 5P.
3. Athar, M. 2002. Drought tolerance by lentil rhizobia from arid and semi arid areas of Pakestan. Letters in Applied Microbiology 26: 38-42.
4. Batt, R.M., and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiolog 10: 54-59.
5. Dadivar, M., Khodshenas, and Ghadiri, A. 2007. Effect of *Rhizobium* strains on yield and components yield of red bean. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran p. 44. (In Persian).
6. Elsheik, E.A.E., and Hadi, E.A. 1999. Effect of *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea cultivars in marginal soils under irrigation. Nutrient Cycling in Agroecosystems 54: 57-63.
7. Franzen, D.W., and Morgan, J. 1995. Fertilizing Pinto, Navy and other Dry Edible Bean. North Dakota State University. UDSU. Extension Service.
8. Ganjeali, A., Joveyanipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Nishabur region. Iranian Journal Pulses Research 2:27-38 .(In Persian with English Summary).
9. Hemmati, A. 2012. Management of chemical fertilizers application in pulse (Bean). Esfahan Nosouh Puplication 192 p. (In Persian).
10. Hemmati, A. 2010. Effect of *Rhizobium* Biologic Fertilizers in Nitrogen Fertilizers Management and Yield of Commom Bean. Final Report of Project, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Fars Province 15 P. (In Persian with English Summary).
11. Hemmati, A., and Asadi Rahmani, H. 2005. Study the effects of inoculation *Rhizobium* strains and the use of nitrogen in yield and protein of common bean. The 1st National Pulse Crops Symposium of Iran, Mashhad p. 112. (In Persian).
12. Jenkins, M.B., Virginia, R.A., and Jarrel, W.M. 1999. Ecology of fast-growing and slow-growing mesquite-nodulating rhizobia in Chihuahua and Sonoran desert ecosystems. Soil Science Society of American Journal 53: 543-549.
13. Kapuya, J.A., Barendse, G.W.M, and Linskens, H.F. 1985. Water stress tolerance and proline accumulation in *Phaseolus vulgaris*. Acta Botanic Neerl 34: 295-300.
14. Khaleghnezhad, V., and Jabbari, F. 2014. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed indices and photoassimilate partitioning under rainfed and irrigated conditions. Iranian Journal of Pulse Research 5(1): 45-56. (In Persian with English Summary).
15. Khodshenas, M.A., and Dadivar, M. 2007. Study the phosphorus condition of soils under bean culture in Markazi province. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran p. 39. (In Persian).
16. Kishor, K. 1991. Effect of iron and molybdenum nutrients on nodulation, symbiotic N_2 fixation and grain yield of Urd bean. Journal of Agricultural Research 6(1): 186-193.
17. Marcia, V.B., Helio, A.B., Cosme, R.M., and Christopher, P. 2008. Alleviation of drough stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium troici*. Applied Soil Ecology 40: 182-188.

18. Pirvali Biranvand, N. 2007. Study the N_2 fixation efficiency of *Rhizobium* strains on two lines of bean with N15 isotopic dilution. The 10th Congress of Soil Science of Iran, Karaj, Iran, 22 p. (In Persian with English Summary).
19. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R.A., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., and Najafi, F.2011. Drought stress effects on photosynthesis chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. ACTA Biological Cracoviensia Series Botanicca 53: 47-56.
20. Ramos, M.L.G., Gordon, A.J., Minchin, F.R., Sprent, J.I., and Parsons, R. 1999. Effects of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of Botany 83(1): 57-63.
21. Sabaghpour, H., Mahmoudi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malthora, R.S. 2006. Study n chickpea (*Cicer arietinum* L.) drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Scinces 1: 70-73.
22. Sahrawat, K.L., and Rao, B.S. 1988. Macro and micronutrient uptake by nodulating and non- nodulating peanut liens. Plant and Soil 109: 291-293.
23. Serraj, R., Sinclair, T., and Purcell, L. 1999. Review article: Symbiotic N_2 fixation response to drought. Journal of Experimental Botany 50(331): 143-155.
24. Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N., and Kenezevic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growth promoting bacteria. Romanian Bio Technological Letters 16(1): 5919-5926.
25. Suarez, R., Wong, A., Ramirez, M., Barraza, A., Orozco, M., Cevallos, M., Lara, M., Hernandez, G., and Iturriaga, G. 2008. Improvement of drought tolerance and grain yield in common bean by over expressing trehalose-6-phosphate synthase in rhizobia. Molecular Plant Microb Interactions 21: 958-966.
26. Taherkhani, M., Nourmohammadi, G., Mirhadi, M.J., and Alimohamadi, R. 2007. Study the effect of three industrial inoculation on yield of bean varieties in Khoramdareh area of Zanjan, Iran. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, p. 79. (In Persian).
27. Valverd, A., Burgos, A., Fiscella, T., Rivas, R., Vela, E., Rodri, C., Emilio, A., Cervantes, B., Chamber, M., and Mariano, J. 2006. Differential effects of co-inoculations with *Psseudomonas jesseni* PS06 (a phosphate-solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium cicer* C-2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. Journal Plant and Soil 287(2): 43-50.
28. Venkateswarlu, B., Maheswari, M., and Karan, N.S. 1999. Effects of water deficits on N_2 (C_2H_2) fixation in cowpea and groundnut. Plant and Soil 114: 69-74.
29. Zahran, H.H. 1999. *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under sever condition and in an arid climate. Microbiology and Molecular Biology Reviews 63(4): 968-989.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 55-65

The effects of rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarom* biovar phaseoli) on yield of common bean in greenhouse and field experiments under drought stress condition

Hemmati[1*], A., Feizian[2], M., Asadi Rahmani[3], H. & Azizi[4], Kh.

1. Assistance Professor, Fars Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
2. Associate Professor, Department of Soil Science, Lorestan University, Iran; m_feizian@yahoo.com
3. Associate Profesor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO),Karj, Iran; asadi_1999@yahoo.com
4. Associate Professor, Department of Agronomy, Lorestan University, Iran; azizi_kh44@yahoo.com

Received: 13 December 2015
Accepted: 15 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.51814

Introduction

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the world's most important legume grown for human nutrition. Legumes and their symbiotic root nodule bacteria are extremely sensitive to drought stress. The fact that N_2 fixation is more sensitive to decreasing soil water content relative to leaf gas exchange constitutes an important constraint on N_2 accumulation and the yield potential of legumes subjected to soil drying. We hypothesize that inoculation of bean with rhizobium strains mitigates some of the negative effects of drought stress on bean. It is believed that certain microbial species and/or strains enhance plant tolerance to abiotic stresses such as drought (Yang *et al*., 2008). The *Phyllobacterium brassicacearum* strain STM196, a PGPR isolated from the rhizosphere of oilseed rape *B. napus* enhances plant tolerance to drought in two accessions of *A. thaliana* with contrasting flowering phenology (Bresson *et al.* 2013). We proposed a new means by which bacteria can enhance plant performance under both well-watered and drought soil conditions. Inoculated plants accumulated more biomass before reproduction and exhibited a better WUE. Sharma & Saikia (2013) found that the *P. aeruginosa* GGRJ21 strain is tolerant to water stress in mung bean plants by accelerating the accumulation of inherent levels of antioxidant enzymes, cell osmolytes, and consistently expediting the up regulation of stress responsive genes in PGPR-treated plants under water stress conditions.

Materials & Methods

In order to study the effects of rhizobium strains and drought stress on yield and water use efficiency of common bean, an experiment was conducted under greenhouse and field condition in 2014 and 2015 respectively. This experiment was carried with split plot based on randomized complete block design with three replications. The treatments were irrigation base of 30, 60 and 80% available water of soil in main plot and 54, 58,160 and 177 rhizobium strains (*Leguminosarom phaseoli*) seed inoculated in sub plot.

*Corresponding Author: a.hemati@areeo.ac.ir

Water irrigation content, water use efficiency, plant nitrogen, nodule number, nodule dry mater, wet and dry shoot weight, yield and yield components were determined.

Results & Discussion

There was a significant difference (P<0.05) in yield grain, biological yield, water use efficiency, 100-seed weight, dry and wet shoot weight, nodule number and nodule dry matter between the levels of irrigation as well as between different bacterial strains. The highest grain yield (3066 kg/ha), biological yield (6882 kg/ha), water use efficiency (0.81 kg/m^3), 100 seed weight (44 g) were obtained in irrigation at 60% available water and 160 rhizobium strain seed inoculated treatment. Similar observation has been reported by, Suarez *et al*, (2008) and Bhatt & Srinivasa Rao (2005). There was a significant difference (P<0.05) in dry nodule mater and nodule number between irrigation and rhizobium strains. The irrigation levels showed significant difference on nodule dry matter but did not show a significant difference on nodule number, reverse, rhizobium strains have a significant difference on nodule number and have not significant difference in nodule dry matters. The most of nodule number (63 per plant) and nodule dry maters (0.458 g/plant) were obtained in irrigation at 80% available water and 177 rhizobium strain seed inoculation treatment. Nodule dry matter was reduced by increasing drought stress levels. Similar observations have been reported by Ramos *et al*, (2003). There was a significant difference (P<0.05) between wet and dry shoot weight and the irrigation levels but this result not observation in rhizobium strains treatments. Based on this experiment, it can be said that, rhizobium bacteria strains, similar as PGPR, can enhance plant performance and plant tolerance to environmental stresses by large variety of mechanisms. Some rhizobacteria help plants to maintain a favorable water status under water deficit (Creus *et al*. 2004) by enhancing the development of root system (Marulanda *et al.* 2009).

Conclusion

Our results showed that the use of rhizobium bacteria which can induce abiotic stress tolerance in the host as bio-fertilizers may be beneficial for increasing of yield and WUE in drought stress condition. In dry land like, Iran, we can use such microorganisms for lower use of water irrigation without decreasing seed yield in common bean.

Keywords: Bean, Drought stress, Rhizobium, Yield